مجلّه‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، شماره‌ی ششم، بهار و تابستان ۱۳۸۵

دکتر حسین محمدی
دانشگاه تهران
پیمان محمودی
کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی - اقلیم‌شناسی

تأثیر پدیده‌های اقلیمی بر تردّد و تصادفات در جاده‌ی سنندج- همدان

چکیده

تصادفات یکی از معضلات سیستم‌های حمل و نقل، جادّه‌ای است. در این گونه حوادث دلخراش همواره چهار عامل انسان، وسیله‌ی نقلیه، جادّه و محیط دخالت دارند. در بین عوامل محیطی، عامل اقلیم و پدیده‌های مرتبط با آن جزو تأثیرگذارترین عوامل است. هر چند این پدیده‌ها اجتناب‌ناپذیر و در مواردی خارج از توان و اختیار انسان هستند، ولی تأثیر بعضی از آنها را با اعمال روشهایی در طرّاحی راه و برخی دیگر را با حضور به موقع عوامل راهداری در محل، می‌توان به حداقل رساند.

در این تحقیق، به منظور بررسی تأثیر پارامترهای اقلیمی بر ایمنی حمل و نقل، ابتدا آستانه‌های بحرانی مسیر سنندج- همدان به عنوان یک مقاله‌ی موردی مشخص و سپس تصادفات این مسیر در ماههای سرد سال مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌ها عبارت‌اند از: ۱. خطرناکترین ماه از لحاظ وزش تندبادها(سرعت بیش از ۱۰ متر بر ثانیه) در مسیر سنندج- همدان ماه اسفند می‌باشد؛ ۲. از لحاظ دید کمتر از ۱۰۰۰ متر(مه)، یخبندان و ریزش برف، دی ماه جزو خطرناک‌ترین ماهها به شمار می‌رود؛ ۳. بیشترین تصادفات و شرایط ناپایدار جوّی در شرایط ابری بوده است؛ ۴. اسفندماه با ۲۲/۴ درصد تصادفات، بیشترین تصادفات را به خود اختصاص داده است؛ ۵. پرتصادف‌ترین جاده‌ی سنندج- همدان، قطعه‌ی ۱ تا ۵ کیلومتری از مبدأ سنندج می‌باشد.

درآمد:

حمل و نقل را که به تغییر موقعیّت زمانی و مکانی اشخاص و کالاها با کاربرد ابزار تکنیکی (وسیله‌ی نقلیه و راه) تعریف کرده‌اند(فلاح‌تبار،۱۳۷۲) در یک کشور نقش رگهای خونی در جسم انسان را دارد و سلامت بدن انسان به صحّت و سلامت این رگها و خونی که در آن جریان دارد، وابسته است(اشراف‌زاده، ۱۳۸۲)، بنابراین هر گونه اختلال در این شبکه می‌تواند صدمات و تلفات خاص خود را به همراه داشته باشد.

یکی از معضلات سیستم‌های حمل ونقل، که می‌توان به آن اشاره کرد، تصادفات است. تصادفات عمدتاً زمانی اتفاق می‌افتند که وسیله‌ی نقلیه نمی‌تواند خود را با محیط اطراف وفق دهد. در بررسی و مطالعه‌ی این پدیده‌ی دلخراش انسانی باید همواره چهار عامل: انسان، وسیله‌ی نقلیه، جادّه و محیط را توأمان در تجزیه و تحلیل‌ها مورد توجه قرار داد. هر چند متخصصین گوناگونی اعمّ از زمین‌شناسان، ژئومورفولوژیست‌ها، مهندسین عمران، اقتصاددانان، مهندسین مکانیک، طرّاحان صنعتی و... هر کدام با توجه به نوع تخصّص و زاویه‌ی دید خود مسأله را مورد مطالعه قرار داده‌اند، ولی به سبب پیچیدگی‌ها و وابستگی‌هایی که این چهار عامل با هم دارند، نمی‌توان شخص یا عامل مشخصی را مقصر قلمداد کرد. با توجه به روند روبه افزایش بخش راهها و وسائل نقلیه، در حال حاضر و انتظار افزایش آن درآینده، لزوم مطالعات و تحقیقات را در این بخش بیشتر نمایان می‌سازد.

بحث مربوط به ایمنی جادّه‌ها و حمل و نقل یکی از موضوعاتی است که اساس مهندسی ترافیک و برنامه‌ریزی حمل و نقل را تشکیل می‌دهد. به گونه‌ای که امروزه در کشورهای توسعه‌یافته همگام با توسعه‌ی سایر بخشهای مهندسی ترافیک، موضوع ایمنی نیز مورد توجه قرارگرفته و با انجام مطالعات و تمهیدات لازم سعی شده است که تصادفات و پیامدهای ناشی از آن را به حداقل برسانند، ولی متأسفانه در کشور ما و سایر کشورهای جهان‌سوم تعداد و نرخ تصادفات ناشی از عدم توجه به اصول ایمنی و عوامل مؤثر بر آن همواره سیر صعودی داشته است، به طوری که خسارات ناشی از تصادفات هزینه‌های زیادی را، هم از لحاظ اقتصادی و هم از لحاظ روحی و روانی، به جوامع تحمیل می‌کند.

از میان عوامل تأثیرگذار بر ایمنی حمل و نقل تصادفات می‌توان به پدیده‌های اقلیمی اشاره نمود که بعضی از آنها به طور مستقیم و برخی دیگر به طور غیرمستقیم بر ایمنی حمل و نقل تأثیر دارند. هر چند که این پدیده‌ها

اجتناب‌ناپذیر و در مواردی خارج از توان و اختیار انسان هستند، ولی تأثیر بعضی از آنها را با اعمال روشهایی در طرّاحی راه و بعضی از آنها را با حضور به موقع عوامل راهداری در محل می‌توان به حداقل رساند.

از مطالعات انجام شده در بریتانیا که توسط اسمیت و کولدینگ[1] بین سالهای ۱۹۸۴ تا ۱۹۸۲ و در استرالیا توسط رابینسون[2] در سال ۱۹۵۵ صورت گرفت، چنین دریافت می‌شود که در روزهای بارانی تعداد تصادفات ۳۰ درصد از روزهای بدون باران بیشتر است. بر اساس این تحقیق مشکل اساسی در حمل و نقل جادّه‌ای در هنگام بارش باران کاهش مقاومت وسیله‌ی نقلیه در برابر لغزندگی، انعکاس نور از جادّه‌های مرطوب در هنگام شب می‌باشد. با این وجود، نقش اقلیم در بالا بردن ضریب ایمنی جادّه‌ها برای اولین بار در سال ۱۹۶۰ در انگلستان به هنگام برنامه‌ریزی جاده‌ی ترانزیتی پنین M۶۲ بین لیورپول و هال مطرح شد و این موضوع باعث شد که عامل اقلیم را به عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار در ایمنی حمل ونقل در برنامه‌ریزیهای جادّه‌ای مورد توجه قرار دهند. پس از اجرای طرح و به دنبال مذاکرات مستمری که با اداره هواشناسی انگلستان صورت گرفت، یک شبکه متشکّل از ۱۰ ایستگاه هواشناسی درژانویه‌ی ۱۹۶۲ در مجاورت هر یک از راهها تأسیس شد تا داده‌های جوّی را برای محدوده‌هایی با ساختار پراکنده ثبت کنند(حبیبی نوخندان، ۱۳۷۸). همچنین در سال ۱۹۸۵ به دنبال یکسری تصادفات عظیمی که در جادّه‌های اطراف لندن در شرایط مه غلیظ روی داده بود، اداره هواشناسی گروهی را برای بررسی قابلیّت ایجاد مه در این محور تشکیل داد. بررسی‌ها بر پایه‌ی تجزیه و تحلیل داده‌ها و آمارهای ایستگاههای هواشناسی، اطّلاعات محلّی، پیمایش مسیر جاده، تحلیل داده‌های ماهواره‌ای برای روزهایی که احتمال وقوع مه دارند، بوده است(اداره هواشناسی بریتانیا، ۱۹۸۵).

جولیا ادوراد[3] نیز در سال ۱۹۹۶ میلادی تحقیقی را در مورد ارتباط بین تصادفات جادّه‌ای و پدیده‌های اقلیمی و لحظه‌ی وقوع تصادفات انجام شده است. او در تحقیقات خود به بررسی رابطه‌ی بین آب و هوا و تصادفات جادّه‌ای در ولز و انگلستان پرداخته است. وی در یک سطح اطمینان محلّی، به مقایسه‌ی وضعیت تصادفات در روزهای بارانی، روزهای مه‌دار و روزهای با باد شدید با روزهای با شرایط مطلوب پرداخت. یافته‌های تحقیقات او کاهش معناداری را در شدّت و تعداد تصادفات در روزهای بارانی در مقایسه با روزهای

---

1. Smith Colding
2. Rabinson
3. Jolia Edward

بدون باران نشان می‌دهد. در روزهای همراه با مه، آمار تصادفات افزایش یافته است ولـی در مـورد بـاد شـدید، یافته‌ها نتایج معناداری را نشان نمی‌دهد (کرمی، ۱۳۸۱).

جین‌آندره[1] پژوهشگر کانادایی نیز مطالعات متعددی را در زمینه‌ی هواشناسی جادّه‌ای انجـام داده اسـت. او در یکی از پژوهشهای خود در سال ۲۰۰۱ به نتایج جالبی رسیده است که در زیر به آنها اشاره می‌شود.

– خطر تصادفات معمولاً در زمان بارندگی از مقدار جزئی تا چند برابر افزایش می‌یابد.

– شواهد قابل توجهی وجود دارد که نشان می‌دهـد بـارش بـرف تـأثیر بـسزایی نـسبت بـه بـاران در وقـوع تصادفات دارد. البته باید به این نکته توجه داشت که شدّت تصادفات ناشی از باران برف کمتر است.

– بارانهای شدید به تنهایی و با تلفیق بارش، میزان تصادفات را افزایش می‌دهد.

– درخشندگی خورشید، استرس ناشی از گرما و فشار هوا در وقوع تصادفات جادّه‌ای مؤثراند، امـا شـواهد در این مورد به اندازه‌ی پراکنده هستند که نمی‌توان به یک نتیجه‌ی منطقی رسید.

مطالعات انجام شده در زمینه‌ی آب و هواشناسی جادّه‌ای در ایران بسیار کـم و مربـوط بـه چنـد سـال اخیـر است. حبیبی نوخندان اولین کسی بود که به طـور خـاص، تـأثیر پارامترهـای اقلیمـی بـر تـصادفات را بـه عنـوان موضوع تحقیق خود درسال ۱۳۷۸ برگزید. او در این تحقیق پس از استخراج تصادفات به تفکیک روز، ساعت و بررسی ارتباط هر یک از تصادفات با شرایط جوّی (دما، باد، میدان دید وهوای حال) بـه نتـایجی بـه شـرح زیـر دست یافت.

عناصر و پدیده‌های اقلیمی از مهمترین عوامل بروز تصادفات محور هراز در ماههای سرد سال بوده است، به گونه‌ای که با بررسی فراوانی تصادفات در پدیده‌های اقلیمی مشخص شد که: در ماه اسـفند **۲۳۷** مـورد (معـادل ۲۶ درصد) در ماه آذر ۲۰۶ مورد (معادل ۲۲ درصد) و در ماه دی ۱۷۰ مورد تصادف (معادل ۱۷ درصـد) از **۹۳۱** تصادف، با پدیده‌ی غالب یخبندان و ریزش برف همراه بوده‌اند و سـایر تـصادفات بـا فراوانـی کمتـر بـا دیگـر پدیده‌های اقلیمی بوده‌اند.

در تحقیق دیگری که توسط سعید قطره‌سامانی(۱۳۷۸) روی تأثیر عوامل جوّی بر تردّد و تصادفات جادّه‌ای استان چهارمحال و بختیاری صورت گرفت، مشخص شد که در شرایط خوب جوّی، که آسمان صاف است، میزان تصادفات به نسبت قابل توجهی در این استان بالا می‌رود، ولی در شرایط بد جوّی میزان تصادفات کاهش

1. Jain Andrey

می‌یابد. این موضوع ناشی از بسته شدن راهها و کم‌شدن تردّد است. در بین عوامل مؤثر جوّی که بر میزان تصادفات استان چهارمحال و بختیاری تأثیرگذار بوده‌اند می‌توان به زمان بارش اشاره داشت که **۳۳/۹** درصد تصادفات را به خود اختصاص داده است. عوامل دیگری همچون ریزش برف(۲۳/۵ درصد) مه (۲۰ درصد) هوای ابری (۲۱/۷درصد) و طوفان(۰/۹ درصد) از تصادفات در شرایط جوّی را شامل می‌شود.

کرمی(۱۳۸۱) برای اولین بار در کشور با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به بررسی رابطه‌ی بین توزیع تصادفات و پدیده‌های اقلیمی از جمله ریزش باران، ریزش برف، یخبندان و پدیده‌ی مه پرداخت. او در این تحقیق محور فیروزکوه–ساری را به عنوان مطالعه‌ی موردی خود برگزید و پس از تشکیل پایگاه اطلاعات تصادفات و شرایط ساعتی هرکدام از پدیده‌های اقلیمی به تجزیه و تحلیل روابط بین این پدیده‌ها پرداخت و نتایجی به شرح زیر به دست آمد:

بهمن‌ماه دارای بیشترین تعداد روزهای یخبندان است که در طول دوره‌ی مورد مطالعه (۷۴–۱۳۷۲) ۱۱۵فقره تصادف داشته است، که از این نظر بیشترین فراوانی تصادفات را دارا بوده است. دی‌ماه نیز از نظر تعداد روزهای بارانی دارای بیشترین فراوانی بوده که در طول دوره‌ی مورد مطالعه‌ی ۳۵ فقره تصادف داشته است. بر اساس گزارش پلیس‌راه نیز از ۹۳۰ مورد تصادف اتفاق افتاده در این مسیر، ۴۲ فقره در شرایط مه آلود بوده است.

حبیبی نوخندان(۱۳۸۳) در رساله‌ی دکتری خود موضوع آب و هوا و ایمنی جادّه‌های کوهستانی را در سطح وسیعتری به وسعت کشور ایران مورد کنکاش و بررسی قرار داد. او با استفاده از داده‌های مربوط به ۱۲۰ ایستگاه سینوپتیک در یک دوره‌ی آماری ده ساله به ارزیابی وضعیت آستانه‌های بحرانی و جوّی –اقلیمی پرداخت و جادّه‌ی تهران به فیروزکوه و هراز را به عنوان مطالعه‌ی موردی برگزید و به نتایجی دست یافت که به صورت نقشه و جداولی ارائه نموده است.

در این تحقیق نیز سعی بر آن است که به یک ارتباط منطقی و معنادار بین عناصر و عوامل اقلیمی با میزان تصادفات و تردّد در محور سنندج–همدان برسیم و پس از شناسایی عوامل مزاحم جوّی در تردّد و تصادفات که با استفاده از روشهای اقلیمی صورت می‌گیرد به ارائه‌ی راهکارهای مناسب در جهت خنثی‌کردن این عناصر و عوامل اقلیمی در این مسیر پرداخته شود.

مواد و داده‌های تحقیق

در این تحقیق به منظور بررسی تأثیر پارامترهای اقلیمی بر ایمنی حمل و نقل، ابتدا آستانه‌های بحرانی مسیر سنندج- همدان به عنوان یک مطالعه‌ی موردی مشخص و سپس تصادفات این مسیر در ماههای سرد سال مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای مشخص کردن آستانه‌های بحرانی این مسر نیاز به داده‌های هواشناسی بود که از بخش خدمات ماشینی سازمان هواشناسی تهیه گردید. این داده‌ها شامل داده‌های ساعتی و روزانه‌ی پارامترهای دما، رطوبت، بارش، باد، دید افقی و روزهای برفی سه ایستگاه سینوپتک سنندج، قروه و همدان بودند. دوره‌ی زمانی ده ساله (۲۰۰۳-۱۹۹۴) نیز بر اساس آزمون کافی بودن داده‌ها(روش ماکوس)$y=[(4.030t)\log]^2+6$ در سطح اعتماد ۹۰ درصد و به ازای درجه‌ی آزادی (۶= Y) انتخاب گردید.

آمار تصادفات نیز از معاونت راهور نیروی انتظامی استان کردستان برای یک دوره‌ی دوساله (۸۲-۱۳۸۱) برای ماههای سرد سال از اول اکتبر تا آخر آوریل اخذ شد.

روش تحقیق

الف) تعیین آستانه‌های بحرانی مؤثر در ایمنی حمل و نقل مسیر سنندج- همدان

از آن‌جا که ارتفاع زیاد جاده‌های کوهستانی و تفاوتهای اقلیمی در طول مسیرهای ارتباطی مشکلات زیادی را در ماههای سرد سال برای راهداران و کاربران جاده‌ها به بار می‌آورد. بدین جهت دوره‌ی سرد سال و متغیّرهای اقلیمی مربوط به آن بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند.

تندبادها

بر اساس تحقیقات میدانی و آزمایش تونل باد، جهت تعیین آستانه‌های بحرانی وقوع تندبادها، سرعت بیش از ۲۰نات بر ثانیه(۱۰ متر بر ثانیه) به عنوان آستانه‌های بحرانی تعیین شده است (حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳) مرحله‌ی کار بدین صورت بود که ابتدا با استفاده از دستور FILTERING (از مجموعه دستورات نرم‌افزار EXCEL) روزهایی که وزش باد بیش از ۲۰ نات بر ثانیه (۱۰ متر بر ثانیه) بوده است، استخراج و به صورت روزشمار مرتّب شدند. سپس توزیع فراوانی هرکدام از آنها برای هر یک از ۱۲ ماه سال مشخص و میانگین ده ساله‌ی آنها گرفته شد. علاوه بر سرعت باد، جهت باد نیز به دلیل زاویه‌ای که در برخورد با وسیله‌ی نقلیه به وجود می‌آورد، اهمیت

دارد. بنابراین برای به دست آوردن جهت بادهای بیش از ۲۰ نات بـر ثانیـه، اقـدام بـه تهیـه‌ی گلبادهـای هـر مـاه گردید.

برای این کار از نرم‌افزار WRPLOT استفاده شد. مرحله‌ی بعد به تعیین فراوانـی‌هـای کـم، متوسـط، زیـاد و بسیار زیاد (کم خطر، خطرناک، بحرانی و فوق بحرانی) پرداخته شد و نمودار مورد نظر برای هر کدام از ایستگاهها به دست آمد.

از آن‌جا که پدیده‌ی باد را نمی‌توان مانند دما و بارش دورن‌یـابی کـرد، از ایـن رو بـه صـورت ایـستگاهی، توزیع زمانی و مکانی آستانه‌های بحرانی آنها به تصویر کشیده شده و بر اساس آنها نقشه‌های مربوط تهیه شدند.

دید کمتر از ۱۰۰۰ متر (مه)

روش کار در این قسمت بدین صورت بوده است که ابتـدا مطـابق روش بررسـی تنـدبادها، روزهـایی کـه قدرت دید در آنها ۱۰۰۰ متر و کمتر بوده است استخراج و سپس به صـورت روزشـمار مرتّـب شـدند. سـپس توزیع فراوانی آنها در هر یک از ماهها استخراج و نمودار مربوط تهیه گردید. از آن جهت که مه دارای پایداری کمی، از لحاظ زمانی و مکانی است، زمان وقوع مه نیز مورد بررسـی قـرار گرفـت. در ایـن قـسمت بـر اسـاس داده‌های ساعتی ایستگاههای سینوپتیک، مسیر، که هر سه ساعت یکبار ثبت می‌شود، اقدام به اسـتخراج قـدرت دید کمتر از ۱۰۰۰ متر گردید و جدولهای فراوانی سه ساعته برای هر ایستگاه تهیـه شـد و مـه‌هـا بـه دو دسـته‌ی جبهه‌ای و تابشی تقسیم گردیدند. از آن جا که پدیده‌ی مه را نمی‌توان درون‌یـابی کـرد، از ایـن‌رو بـه صـورت ایستگاهی توزیع زمانی و مکانی آستانه‌های بحرانی آنها به تصویر کشیده شد و بر اساس آن نقـشه‌هـای مربـوط تهیه گردید.

یخبندان و ریزش برف

بر اساس مطالعات صورت گرفته، مشاهده شده است که در بیـشتر ایـستگاههای ارتفاعـات غـرب و شـمال غرب ایران قبل از مهر ماه یخبندان شروع می‌شود، به همین دلیـل روز اوّل شـهریور برابـر بـا ۲۲ آگوسـت را بـه عنوان روز مبنا انتخاب و سایر روزها به ترتیب نسبت به این مبدأ شمارش شدند. برای مثال اگر در یک ایـستگاه اولین دمای صفر درجه‌ی سانتی‌گراد در روز ۸۳ رخ داده باشد، بـا توجـه بـه مبنـای مـا یعنـی ۲۲ آگوسـت(اول شهریور) معادل با ۱۳ نوامبر(۱۳ آبان) است. سپس در مرحله‌ی بعد اطلاعات بالا با توزیع نرمال برازش داده شدند

و اقدام به تعیین احتمال وقوع آنها در سطح احتمالاتی ۷۵ درصد گردید. از مدل رگرسیون چند متغیّره نیز برای مطالعه‌ی بین پدیده‌های اقلیمی با ارتفاع و عرض جغرافیایی اقدام و روابط مورد نظر به دست آمد(جدول شماره۱). در مرحله‌ی آخر در محیط نرم‌افزاری SURFER اقدام به تهیه‌ی نقشه‌های توزیع مکانی دو پدیده‌ی یخبندان و ریزش برف گردید.

جدول شماره۱. مدلهای رگرسیونی چند متغیّره برای مسیر سنندج- همدان

آغاز یخبندان	(ارتفاع۰/۰۴۳۸)- عرض جغرافیایی ۴/۲۴۸)- ۲۷۲= y
پایان یخبندان	(ارتفاع ۰/۰۲۹۴)+ (عرض جغرافیایی ۴/۴۴)+ ۱۶/۸-= y
آغاز ریزش برف	(ارتفاع۰/۰۳۳۵)- (عرض جغرافیایی ۶/۸۵)- ۳۸۳=y
پایان ریزش برف	(ارتفاع ۰/۰۲۷۰)+ (عرض جغرافیایی ۷/۱۵)+ ۱۲۸-= y

ب) ارتباط بین تصادفات و پدیده‌های اقلیمی

در این بخش از تحقیق به مطالعه‌ی ارتباط بین تصادفات و پارامترهای اقلیمی در مسیر سنندج- همدان پرداخته می‌شود. پس از گردآوری داده‌های مربوط به تصادفات، آنها را در محیط نرم‌افزاری اکسل وارد و اقدام به تهیه‌ی بانک اطلاعات اقلیمی- جاده‌ای برای هر یک از تصادفات گردید. روش کار به این صورت بود که برای هر تصادف اقدام به استخراج شرایط اقلیمی ساعت وقوع تصادف، مانند دما، بارش، باد، قدرت دید و... گردید و جدولی ترکیبی تهیه شد که نمونه‌ای از آن در جدول شماره دو قابل مشاهده است.

جدول شماره۲. نمونه‌ای از جدول ترکیبی تصادفات و پدیده‌های اقلیمی(محمودی، ۱۳۸۳)

وضع هوا	رطوبت نسبی	قدرت دید به متر	سرعت باد به نات	بارش به میلی‌متر	درجه حرارت به C°	نوع تصادف	شرایط سطح معبر	مکان تصادف نسبت به مبدأ	ساعت وقوع	روز وقوع تصادف	سال وقوع تصادف	شماره تصادف
بارانی	۷۵	۳۰۰۰	۱۰	۳	۲	خسارتی	خشک	۱۲ کیلومتر	۱۵:۸	آوریل	۲۰۰۴	۱
برفی	۸۱	۳۰۰۰	۱۲	۴	۳-	خسارتی	یخبندان	۲۲ کیلومتر	۹	ژانویه	۲۰۰۴	۲

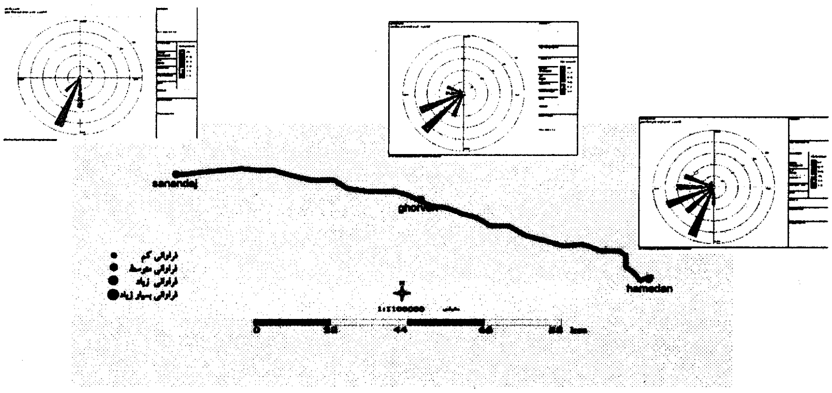
برای مشخص نمودن قطعات خطرناک نیز از قانون پواسون استفاده شده است. بدین ترتیب که اگر بین دو قطعه راه B , A که در آن تصادف به وقوع می‌پیوندد در نظر گرفته شود، تعداد تصادفات در این قطعه باید حاصل‌ضرب طول (L)در تراکم تصادف در کیلومتر (D) باشد. در عمل تعداد تصادفات ثبت شده با عدد LD متفاوت است. مقادیر حدی M_1 و M^2 متغیّرهای پواسون، که مقدار ثبت شده در آن صادق است، باید در آستانه‌ی اعتماد ۹۰ درصد باشد. اگر LD کوچکتر از کمترین مقدار یعنی M_2 باشد متوجه می‌شویم که تعداد تصادفات در قطعه‌ی موردنظر مشخصاً بیشتر از مقدار متوسط است. در این صورت قطعه را باید خطرناک انگاشت و مورد بررسی بیشتر قرار داد.

تجزیه و تحلیل

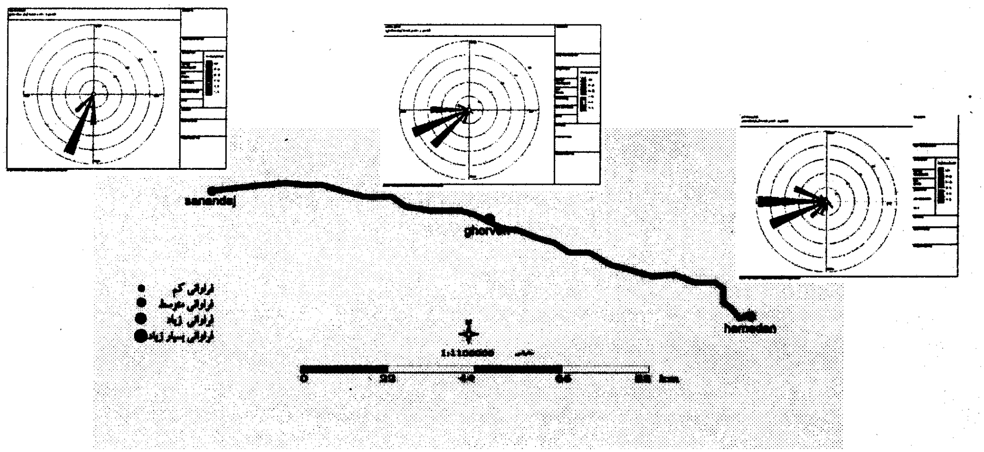
الف) تجزیه و تحلیل آستانه‌های بحرانی

تندبادها

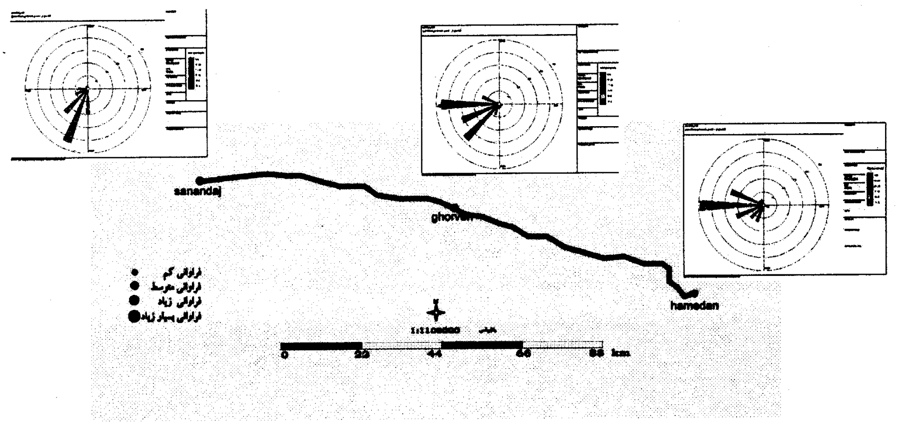
خطرناکترین ماه از نظر وزش تندبادهای بیش از ۲۰ نات بر ثانیه، ماه آوریل(فروردین) می‌باشد. به گونه‌ای که ایستگاه قروه با ۹ مورد وزش تندباد جزو نقاط بحرانی این مسیر به شمار می‌رود. گلبادهای ترسیم شده نیز جهت تندبادها را در ایستگاه سنندج، جنوبی، در قروه جنوب غربی و در همدان غربی نشان می‌دهد. مارس(اسفند) و می (اردیبهشت) دو ماه دیگر خطرناک از لحاظ وزش تندبادها به خصوص ماه مارس به دلیل جهت وزش تندبادها می‌تواند در کنترل وسائط نقلیه اختلال ایجاد کند به شمار می‌رود.(شکلهای ۳،۴ و ۵)



شکل شماره۳. نقشه‌ی توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت بیش از ۲۰ نات بر ثانیه(آوریل)



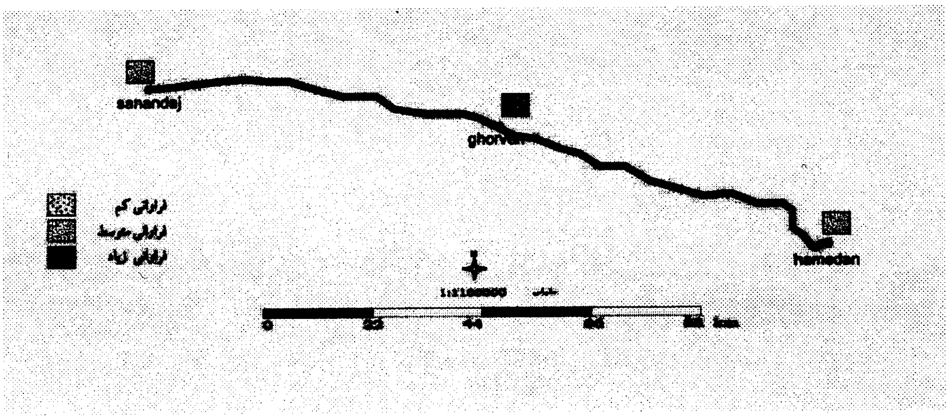
شکل شماره۴. توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ۲۰نات بر ثانیه(مارس)



شکل شماره۵. نقشه‌ی توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با سرعت باد بیش از ۲۰ نات بر ثانیه(می)

دید کمتر از ۱۰۰۰ متر(مه)

ماه ژانویه(دی) از لحاظ مه جزو خطرناکترین ماهها در مسیر سنندج- همدان به شمار می‌رود، به گونه‌ای که ایستگاه قروه در این ماه شرایط بحرانی به خود می گیرد. از نظر ساعات فراوانی وقوع مه نیز مشاهده شد که نزدیک به ۷۵ درصد از مه‌های ایجاد شده در دو ایستگاه قروه و همدان درحد فاصل ساعت ۲۱ تا ۶ صبح رخ داده‌اند که جزو مه‌های تابشی هستند و دلیل آن نیز به زاوی‌ی تابش خورشید در این فصل و سرد بودن این ماه نسبت به دیگر ماههای سال باز می گردد. ماههای دسامبر و فوریه به ترتیب دومین و سومین ماههای خطرناک از لحاظ دید کمتر از ۱۰۰۰ متر به حساب می‌آیند. تمام مه‌های اتفاق افتاده درماه دسامبر در حد فاصل ساعت ۲۴ شب تا ۹ صبح رخ داده‌اند که باز هم چیرگی با مه‌های تابشی بوده است(شکلهای ۶، ۷ و ۸).



شکل شماره۶. نقشه‌ی توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر(ژانویه) (محمودی، ۱۳۸۳)



شکل شماره۷. نقشه‌ی توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر (دسامبر)



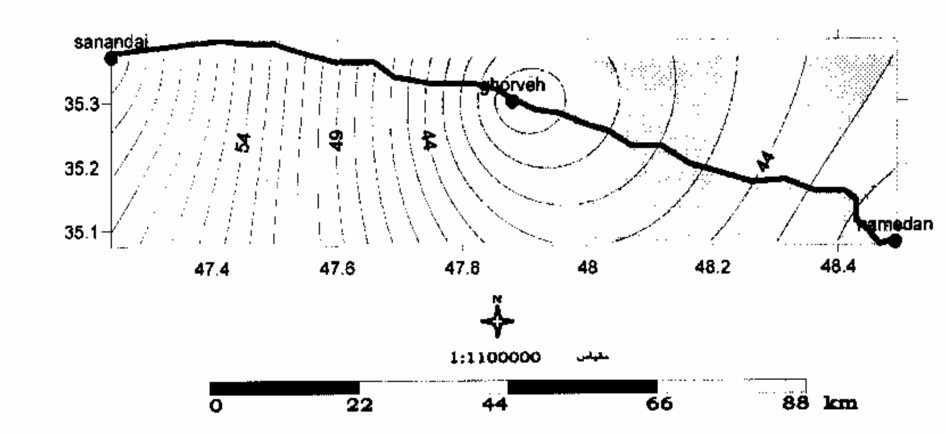
شکل شماره۸ نقشه‌ی توزیع مکانی فراوانی نقاط همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر(فوریه)

یخبندان و ریزش برف

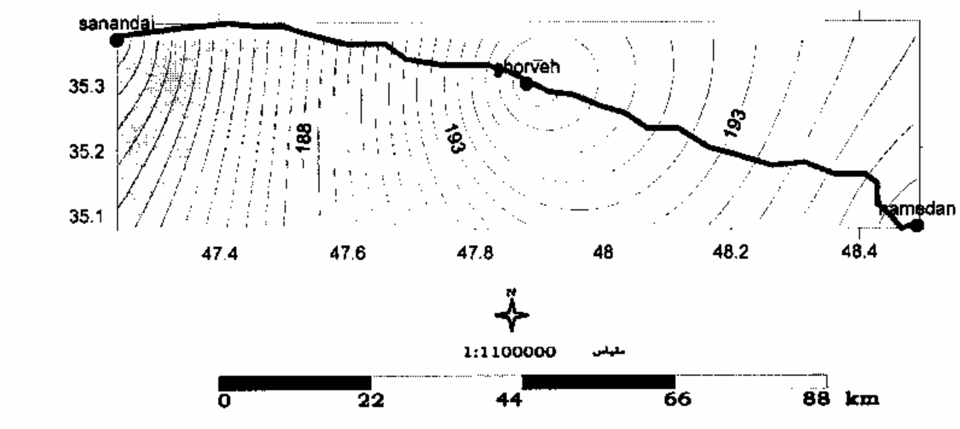
بر اساس محاسبات انجام شده در مسیر سنندج –همدان، یخبندان عمدتاً در مهرماه در ارتفاعات روی می‌دهد، به گونه‌ای که در ایستگاه قروه اولین یخبندان ۸ مهرماه رخ می‌دهد که دلیل آن نیز ارتفاع زیاد این ایستگاه نسبت به ایستگاههای اطراف است و هر چه از قروه به شرق یا غرب مسیر پیش می‌رویم زمان وقوع اولین یخبندان به تعویق می‌افتد. زمان وقوع اولین یخبندانها و پایان آنها در سه ایستگاه مورد مطالعه در جدول شماره سه آورده شده است وتوزیع مکانی آنها نیز با توجه به شرایط مسیر از لحاظ ارتفاعی در شکلهای شماره۹ و ۱۰ ارائه شده است.

جدول شماره ۳. زمان آغاز و پایان یخبندان در مسیر سنندج، همدان در سطح احتمالاتی۷۵٪

ایستگاه / پارامتر اقلیمی	زمان آغاز یخبندان	زمان پایان یخبندان
سنندج	۲۲اکتبر(۱ آبان)	۱۸ فوریه(۳۰بهمن)
قروه	۲۹ سپتامبر(۸ مهر)	۵مارس(۱۵اسفند)
همدان	۱۷اکتبر(۱۶مهر)	۲۷ فوریه(۹ اسفند)



شکل شماره۹. نقشه‌ی توزیع مکانی آغاز یخبندان در مسیر سنندج- همدان



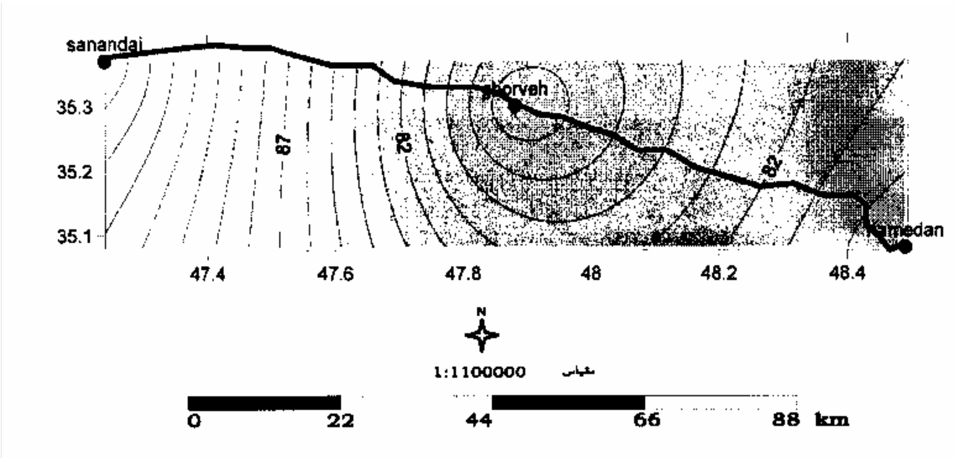
شکل شماره۱۰. نقشه‌ی توزیع مکانی پایان یخبندان در مسیر سنندج- همدان

به گونه‌ای که بر اساس جدول شماره۳ تاریخ پایان وقوع یخبندان در اواسط اسفندماه به پایان می‌رسد. ذکر یک نکته در این‌جا دارای اهمیت است و آن این که یخبندانی که برای سیستم حمل و نقل می‌تواند ایجاد خطر کند باید در درجه‌ی حرارت کمتر از ۲ درجه‌ی سانتی گراد و رطوبت نسبی بیش از ۸۰٪ روی دهد، که این وضعیّت در ماه ژانویه روی می‌دهد.

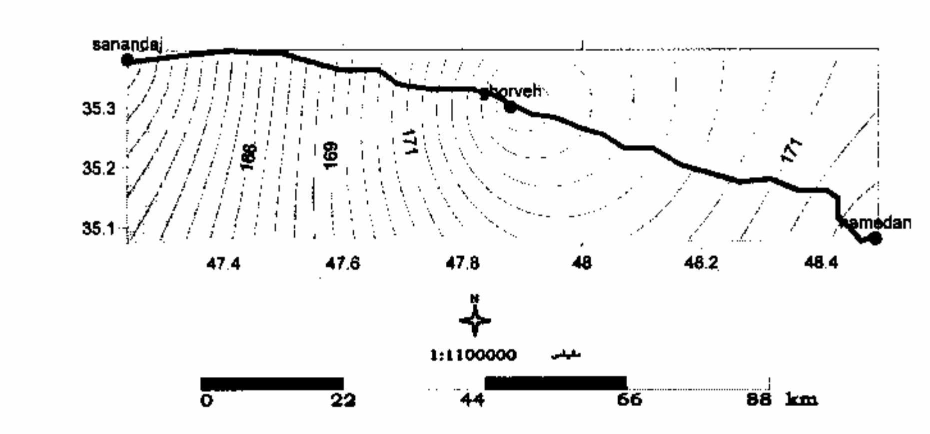
در مورد ریزش برف باید اشاره داشت که اولین ریزش برف در این مسیر در ارتفاعات قروه تقریباً ۱۶ آبان شروع می‌شود، ولی در دو ایستگاه دیگر یعنی سنندج و همدان به دلیل ارتفاع آنها بارش برف به تعویق می‌افتد، به گونه‌ای که این ریزش تا ۴ آذر برای ایستگاه سنندج به تعویق می‌افتد. در مورد پایان ریزش برف نیز باید اقرار نمود که آخرین ریزش برف در ۲۴ بهمن روی می‌دهد. جدول شماره ۴ زمان آغاز و پایان ریزش برف را برای مسیر سنندج- همدان ارائه می‌دهد. همچنین برای نشان دادن توزیع مکانی زمان آغاز و پایان ریزش برف نقشه‌هایی تهیه شد که در شکلهای شماره ۱۱ و ۱۲ قابل مشاهده است.

جدول شماره۴- زمان آغاز و پایان ریزش برف در مسیر سنندج- همدان در سطح احتمالاتی۷۵٪ (محمودی، ۱۳۸۳)

پارامتر اقلیمی / ایستگاه	زمان آغاز ریزش برف	زمان پایان ریزش برف
سنندج	۲۴نوامبر(۴ آذر)	۳۰ژانویه(۱۴ بهمن)
قروه	۶ نوامبر(۱۶آبان)	۱۲ فوریه(۲۴ بهمن)
همدان	۱۴ نوامبر(۲۴ آبان)	۷ فوریه(۱۹ بهمن)



شکل شماره۱۱. نقشه‌ی توزیع مکانی آغاز ریزش برف در مسیر سنندج به همدان

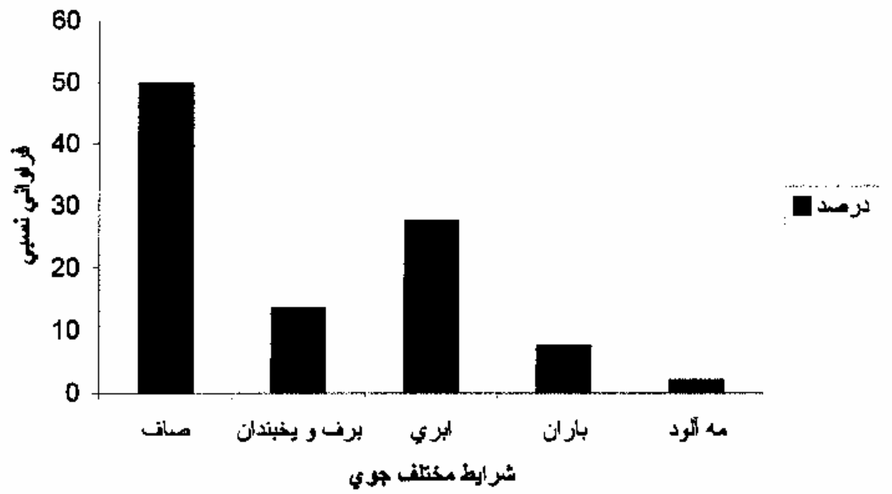


شکل شماره۱۲. نقشه‌ی توزیع مکانی پایان ریزش برفرد مسیر سنندج- همدان

ب) تجزیه و تحلیل تصادفات و ارتباط آنها با شرایط اقلیمی

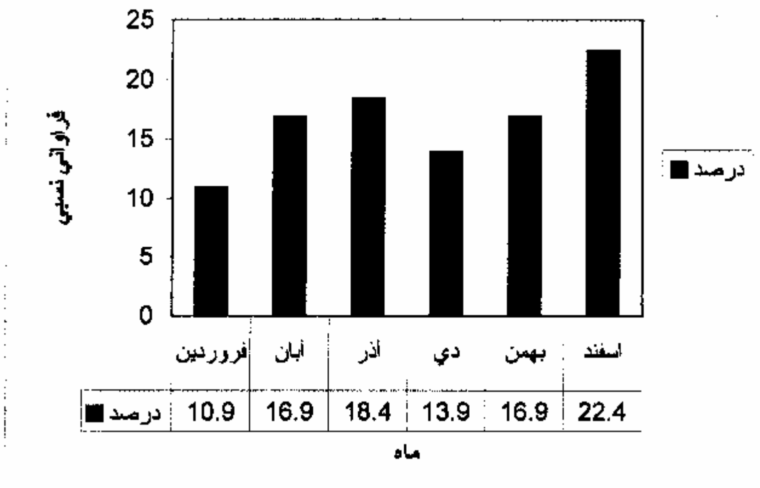
بر اساس تجزیه و تحلیلهای صورت گرفته مشاهده شد که بیشترین میزان تصادفات در دوره‌ی سرد سال در مسیر سنندج- همدان، هنگامی رخ می‌دهد که شاهد آسمان صاف هستیم و این نشاندهنده‌ی زیاد بودن تردّد در این شرایط است. در مواقعی که شرایط جوّی ناپایدار در مسیر حاکم می‌شود، به دلیل کاهش تردد، میزان تصادفات نیز کمتر می‌شود. اما در بین پدیده‌های ناپایدار جوّی، هوای ابری بیشترین تصادفات را به خود اختصاص داده است که دلیل آن می‌تواند رطوبت بالای هوا، تأثیر آن در شرایط روحی و خستگی ناشی از این وضعیت در رانندگان باشد. همچنین عجله‌ی زیاد رانندگان برای این که در وضعیت بارش باران یا برف قرار نگیرند، دلیل دیگر تصادفات زیاد در این شرایط می‌باشد.

بارش برف و یخبندان دومین پدیده‌ی جوّی تأثیرگذار در تصادفات این مسیر است.(شکل شماره‌ی۱۳)



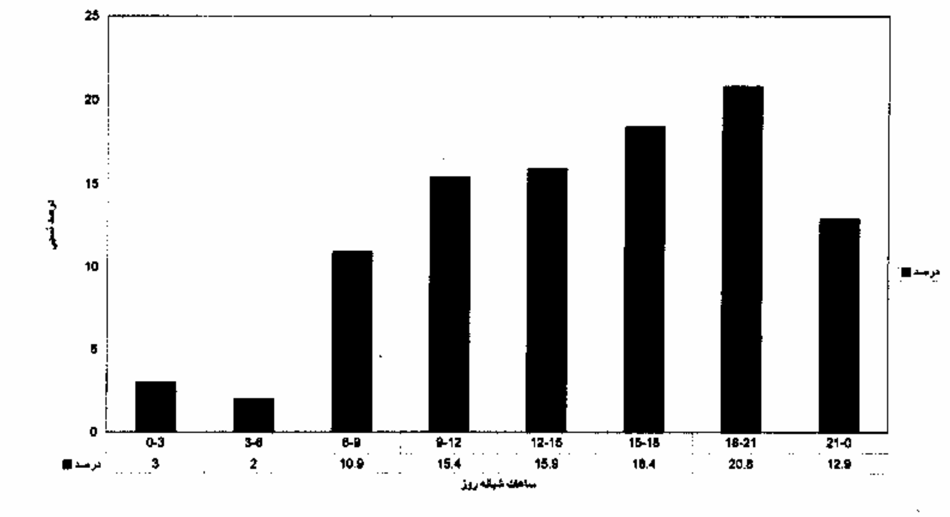
شکل شماره۱۳. نمودار فراوانی نسبی تعداد تصادفات در شرایط مختلف جوّی در مسیر سنندج- همدان

از نظر تعداد تصادفات اتفاق افتاده در طول دوره‌ی سرد سال بیشترین تصادفات مربوط به ماه اسفند است که ۲۲/۴ درصد تصادفات را شامل می‌شود و دلیل آن نیز حجم تردّد به خاطر آغاز تعطیلات سال جدید می‌باشد. آذر با ۴/۱۸ درصد دومین ماه از نظر فراوانی تصادفات است(شکل شماره‌ی ۱۴).



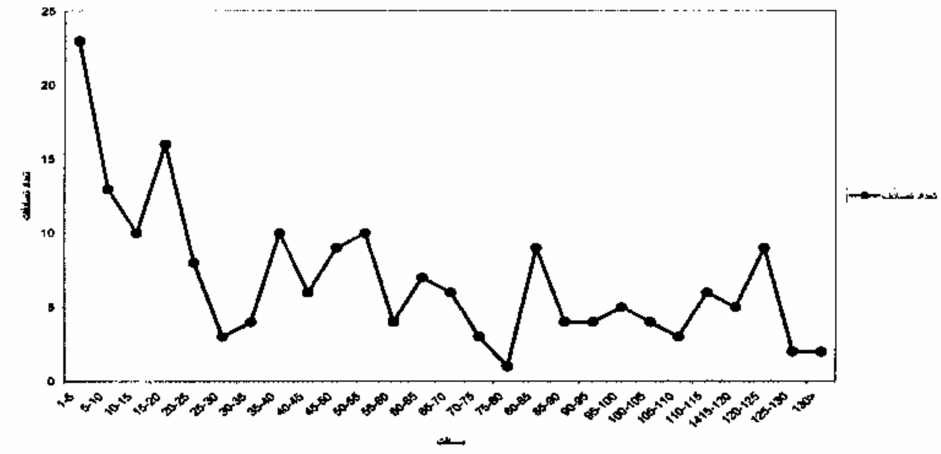
شکل شماره ۱۴. نمودار تصادفات مسیر سنندج- همدان در ههفت ماهه‌ی دوره‌ی سرد سال

از نظر زمان تصادفات نیز بیشترین تصادفات در روز اتفاق افتاده که این موضوع به سبب تـردّد زیـاد وسـائط نقلیه درطول روز می‌باشد. همچنـین از لحـاظ سـاعت تـصادفات، بیـشترین تـصادفات در بـین سـاعات ۲۱–۱۵ وکمترین مقدار آن بین ساعت ۱۲ شب تا ۶ صبح رخ داده‌اند(شکل شماره‌ی ۱۵)



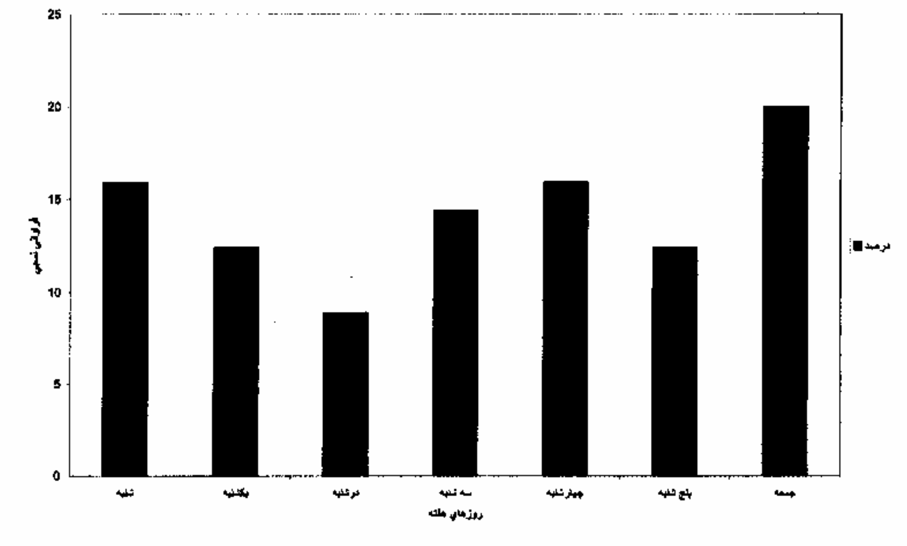
شکل شماره‌۱۵. نمودار درصد نسبی تصادفات در ساعات مختلف شبانه‌روز در مسیر سنندج–همدان

برای بررسی تصادفات در مسافتهای مختلف نیز مسیر سـنندج–همـدان را بـه قطعـات ۵ کیلـومتری تقـسیم نمودیم و نمودار مربوط به آن(شکل شماره‌ی ۱۶) تهیه شد. بر اساس این نمـودار بیـشترین تـصادفات مربـوط بـه قطعه‌ی ۱ تا ۵ کیلومتری است که ۲۳ مورد تصادف را به خود اختصاص داده است. قطعات ۱۵تا ۲۰ کیلـومتری و ۵ تا ۱۰ کیلومتری به ترتیب با ۱۶ و ۱۳ مورد تصادف، دومین و سومین قطعات خطرناک این مسیراند.



شکل شماره۱۶. تعداد تصادفات در مسافت‌های مختلف در مسیر سنندج–همدان

اما در مورد روزهای هفته باید اشاره داشت که بیشترین تصادفات در روزهـای جمعـه بـوده اسـت، کـه ۲۰ درصد کل تصادفات این مسیر را به خود اختصاص داده است، بخصوص حد فاصل پلیس راه سنندج–همـدان تا روستای صلوات‌آباد در ایام تعطیل بیشترین تصادفات را داشته است(شکل شماره‌ی ۱۷).



شکل شماره۱۷. نمودار فراوانی نسبی تعداد تصادفات در روزهای هفته در مسیر سنندج–همدان

تعیین قطعات خطرناک از لحاظ اقلیمی در مسیر سنندج- همدان

بیشترین تصادفات اتفاق افتاده در شرایط ریزش برف و یخبندان مربوط به ماههای آذر و دی است و قطعه‌ی ۱۵ تا ۲۰ کیلومتری از مبدأ سنندج جزو مناطق خطرناک از لحاظ تصادفات در شرایط ریزش برف و یخبندان می‌باشد.

بیشترین تصادفات رخ داده در شرایط بارش باران مربوط به دو ماه آبان و اسفند است و قطعه‌ی ۱۵ تا ۲۰ کیلومتری از مبدأ سنندج از لحاظ شرایط بارانی جزو مناطق خطرناک به شمار می‌رود.

در شرایط مه‌آلودگی بیشترین تصادفات مربوط به ماههای دی و بهمن است و قطعات خطرناک از لحاظ مه‌آلودگی قطعه‌ی ۸۰ تا ۸۵ کیلومتری از مبدأ سنندج و گردنه‌ی صلوات‌آباد می‌باشد.

از لحاظ بوران و تندباد نیز قطعات ۲۰ تا ۲۵ کیلومتری از مبدأ سنندج و قطعه‌ی همه کسی درحد فاصل سه راهی سنقر تا همدان از قطعات خطرناک به شمار می‌رود. به خصوص قطعه‌ی ۲۰ تا ۲۵ کیلومتری به عنوان یکی از کریدورهای باد جنوب غربی به شمال شرقی عمل کرده و تصادفات موضعی را شامل می‌شود.

پیشنهادها

شرایط آب و هوایی حاکم بر مناطق کوهستانی در افزایش سوانح و تصادفات و خسارات ناشی از آنها نقش به سزایی دارند. از این‌رو برای به حداقل رساندن این شرایط، پیشنهادها و راهکارهای اجرایی زیر ارائه می‌شود. راهکارهای ارائه شده به دو بخش تقسیم می‌شوند.

الف) راهکارها برای پیش‌بینی و مدیریت تصادفات در مسیر سنندج- همدان؛

ب) راهکارهایی برای حذف نقاط حادثه‌خیز و خطرآفرین در محور سنندج همدان که در زیر توضیح داده می‌شود.

الف) راهکارهایی برای پیش‌بینی و مدیریت تصادفات در مسیر همدان- سنندج

- آموزش پرسنل نیروی انتظامی در زمینه‌ی استفاده از دستگاه GPS و ثبت اطلاعات مکانی تصادفات به ویژه طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع محل تصادف برای استفاده‌ی مهندسین حمل ونقل و هواشناسان جادّه‌ای.

- نصب و استقرار دو سایت هواشناسی جادّه‌ای یکی روی گردنه‌ی صلوات‌آباد و دیگری در حوالی روستای همه کسی بین قروه و همدان، برای ثبت و ارسال اطلاعات سطح جاده و پارامترهای اقلیمی مرتبط با ایمنی حمل و نقل به مراکز هواشناسی سنندج و همدان.
- کنترل سرعت وسائط نقلیه در حوالی ساعات ۱۵ تا ۲۱ شب در ماههای دی و بهمن به خاطر شرایط یخبندان و مه آلودگی.
- کنترل دقیق وسائط نقلیه‌ی عمومی همچون اتوبوسها، مینی‌بوسها و سواریهای مسافربری در زمینه‌ی همراه داشتن وسایل ایمنی و اطمینان از سالم بودن ماشین در ماههای بهمن، دی و اسفند.
- هماهنگی و ارتباط مستمر بین سازمان هواشناسی با پلیس راه سنندج همدان، هلال‌احمر، راه و ترابری و مراکز درمانی در طول چهارماه آذر، دی، بهمن و اسفند.
- اطلاع‌رسانی دقیق و بهنگام از وضعیّت جاده، به ویژه در شرایط نامساعد جوّی، توسط سازمان هواشناسی از طریق رادیو و تلویزیون(هر دو ساعت یک‌بار در شرایط نامساعد جوّی).

ب) راهکارهایی برای حذف نقاط حادثه‌خیز و خطرآفرین در محور سنندج- همدان

۱. قطعه‌ی ۱ تا ۵ کیلومتری

۱-۱. تعریض عرض جاده و عقب‌نشینی تا مرز حریم قانونی؛

۲-۱. احداث روفوژ مرکزی با گاردبلوک و یا فضای سبز به گونه‌ای که تردّد مردم را از فضای سواره‌رو قطع نماید؛

۳-۱. تملک حریم و عقب‌نشینی ساخت وسازهای موجود؛

۴-۱. خط کشی و تعیین محل دوربرگردانها و کنترل ترافیک توسط پلیس راه.

۲. قطعه‌ی ۵ تا ۱۰ کیلومتری

۱-۲. ساماندهی پیچ دولت‌آباد کیلومتر ۷ به گونه‌ای که از ورود مستقیم اتومبیل به جادّه‌ی اصلی جلوگیری به عمل آید(شکل۱۸)؛

۲-۲. برای محدوده‌ی روستای صلوات‌آباد کیلومتر ۵۰۰+۱۰ نیز احداث زیرگذر در منطقه‌ی ورودی روستا و قسمت انتهایی و قطع ارتباط مردم با جاده؛

۳-۲. احداث پارکینگ و مشخص شدن محل توقّف مردم با تابلو در طرفین راه در روستای صلوات آباد؛

۴-۲. نصب نرده به منظور جلوگیری از عبور عابر پیاده از وسط جاده در روستای صلوات‌آباد.

۳. قطعه‌ی ۱۵ تا ۲۰ کیلومتری

۱-۳. ایجاد باند سبقت در پیچ قبل از تونل اول در کیلومتر ۵۰۰+۱۳ از راهکارهای کوتاه‌مدت و اصلاح مسیر موجود و جداسازی باندهای رفت و برگشت از راهکارهای بلندمدت دراین مسیر می‌باشد(شکل۱۹)؛

۲-۳. پیچ تند کیلومتر ۷۰۰+۱۶ نیز با تعریض و اصلاح قوس مرکز دره، برف‌روبی به موقع و جلوگیری از آبهای سطحی به داخل جاده و تأمین دور قوسهای مذکور برای کوتاه‌مدت و جداسازی باندهای رفت و برگشت برای بلند مدّت قابل اصلاح می‌باشد(شکل ۲۰)؛

۳-۳. تونل‌های سوم وچهارم در کیلومتر ۱۸ را نیز می‌توان با هدایت آب چشمه به گونه‌ای مطلوب برداشت آب مناسب توسط مسافران و ساختن حوضچه‌ی پلکانی اصلاح نمود(شکل ۲۱).

۴. قطعه‌ی ۲۰-۲۵ کیلومتری

این قطعه از لحاظ بوران و تندباد جزو قسمتهای خطرناک مسیر است که می‌توان با اجرای طرحهای کنترل بوران و تجمّع برف قبل از جاده، برف‌روبی به موقع قبل از یخزدگی، نمک‌پاشی به موقع و ایجادباند سبقت و انتقال گلوگاه بازرسی به بالای گردنه یا محل دیگر، مثلاً سه راه کروندان، اصلاح نمود(۲۲).

۵. قطعه‌ی ۵۰ تا ۶۵ کیلومتری

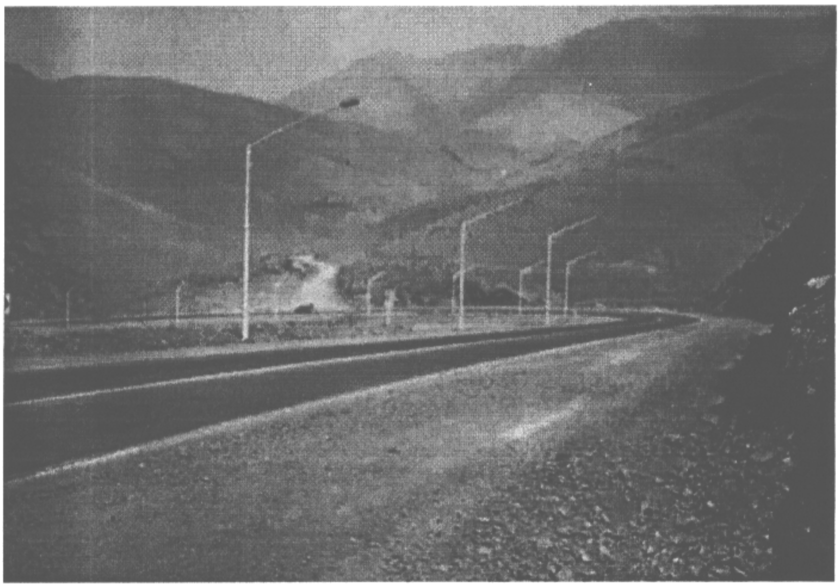
این قطعه که در شرایط بارندگی دارای وضعیّت مناسبی نیست با تعریض آن و ایجاد سرعت‌گیرهای مناسب در ورود و خروج روستاهای حسن‌آباد، طهماسب‌قلی و کاظم‌آباد کنترل کرد.

۶. قطعه‌ی ۸۰ تا ۸۵

این قطعه را که هم در روزهای بدون پدیده و هم در روزهای با برف و یخبندان و هم در شرایط مه‌آلودگی، شرایط مناسبی ندارد می‌توان با ساماندهی تقاطع و ساخت و تکمیل پایانه‌ی جدید، که در دست احداث است، و نسبت به پایانه‌های قدیمی فاصله‌ی بیشتری دارد اصلاح نمود. همچنین با نصب چراغهای راهنما وتابلوهای هشدار دهنده می‌توان تا اندازه‌ای تصادفات را در این محدوده کنترل کرد.

۷. کنترل و اصلاح تراشه‌ها و دیواره‌های مسلّط بر جاده که احتمال ریزش آنها به دلیل هوازدگی مکانیکی بسیار زیاد است(شکل ۲۳).

قطعات دیگر را نیز می‌توان با تعریض و جدا کردن مسیر رفت و برگشت اصلاح نمود.



شکل شماره۱۸. تصویر پیچ دولت‌آباد، کیلومتر ۷



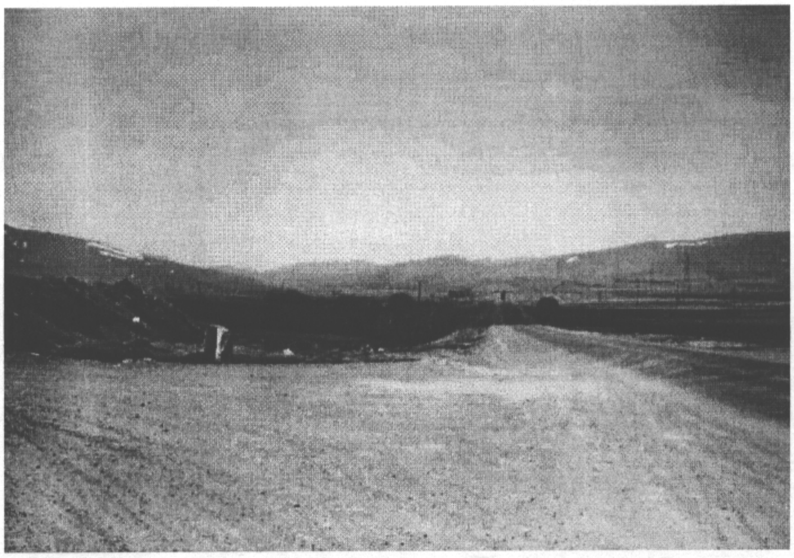
شکل شماره۱۹. تصویر پیچ قبل از تونل اول در کیلومتر ۵۰۰+۱۳



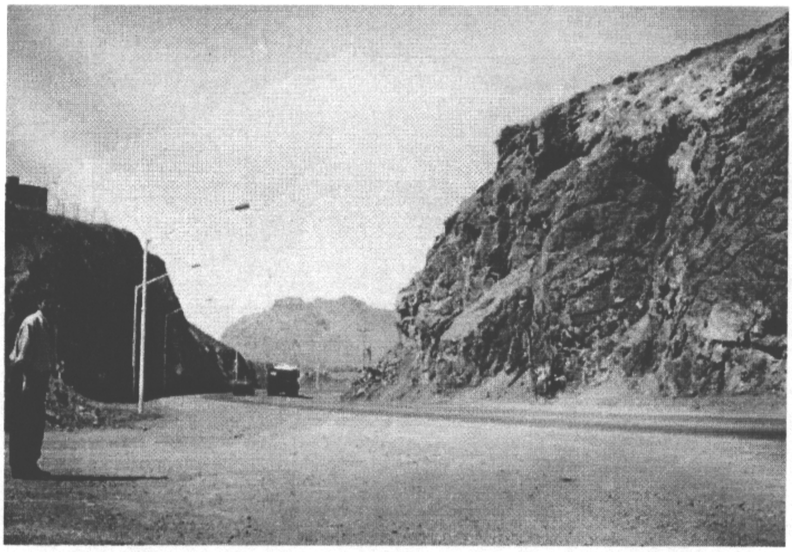
شکل شماره ۲۰. تصویر پیچ تند کیلومتر ۷۰۰+۱۶ و نبود هیچ گونه نرده‌ی محافظ



شکل شماره ۲۱. تصویر وجود و مشکلات خاص آن مابین تونل سوم و چهارم در کیلومتر ۱۸



شکل شماره۲۲. تصویر گلوگاه بازرسی و منطقه‌ی اطراف آن بعد از گردنه‌ی صلوات آباد در کیلومتر ۲۲ الی ۲۴ از مبدأ سنندج



شکل شماره۲۳. تصویر پیچ ورودی به روستای صلوات آباد و احتمال ریزش دیواره‌ی کنار آن به دلیل هوازدگی مکانیکی

منابع و مآخذ

۱. اشرف‌زاده، محمدعلی(۱۳۸۲)، *بازبینی سوانح درجاده‌های ایران*، مجله‌ی راه ابریشم، شماره۹.

۲. حبیبی نوخندان، مجید(۱۳۷۸)، *مطالعه‌ی پدیده‌های اقلیمی مؤثر بر تردد و تصادفات جاده‌های کوهستانی و ارائه راهکارهای اجرائی مؤثر(مطالعه موردی جاده هراز)*، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.

۳. حبیبی نوخندان، مجید(۱۳۸۳)، *آب و هوا و ایمنی جاده‌های کوهستانی ایران(مطالعه موردی جاده‌های هراز و فیروزکوه)*. رساله‌ی دکترای اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران.

۴. فلاح تبار، نصراله(۱۳۷۲)، *راه و ترافیک جاده‌ای و ایمنی آن در ارتباط با مسائل جغرافیائی*، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.

۵. قطره سامانی، سعید(۱۳۷۸)، *تأثیر عوامل جوّی بر تردّد جاده‌ای در استان چهارمحال و بختیاری*، سمینار هواشناسی کاربردی، ساری.

۶. کرمی، شهرام(۱۳۸۱)، *تحلیل تصادفات جاده‌ای با رویکرد اقلیمی بااستفاده از GIS(مطالعه موردی جاده فیروزکوه-ساری)*، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی،دانشگاه تربیت‌مدرس.

۷. معاونت راهور نیروی انتظامی استان کردستان، آمار تصادفات سالهای ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲.

8. 44-Andrey, J.and B. Mills, J.Vandemolen(2001). Weather Information and Road Safety. A Report to the Institute for Catastrophic Loss Reduction. University of Western Ontario32p.

9. Smith, K(1982). How Seasonal and Weather C0ndition Influence RoadAccident In Glasgow. Scattish Geographical Magazine 98,103-114.